

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 542 500

②1 N° d'enregistrement national :

83 04051

⑤1 Int Cl<sup>3</sup> : H 01 L 21/84.

①2

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 11 mars 1983.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 37 du 14 septembre 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : THOMSON-CSF, société  
anonyme. — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Michel Croset, Dominique Dieumegard et  
Didier Pribat.

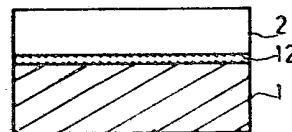
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Philippe Guilguet.

⑤4 Procédé de fabrication d'un dispositif semiconducteur du type comprenant au moins une couche de silicium déposée sur un substrat isolant.

⑤7 Le procédé selon la présente invention comprend une étape de dépôt d'au moins une couche de silicium monocristallin 2 intrinsèque ou dopé sur un substrat 1 également monocristallin suivi d'une étape de formation d'une couche mince de silice 12 au niveau de l'interface primitif substrat-silicium. La formation de la couche de silice peut s'effectuer selon deux approches. Selon la première approche, elle est obtenue par oxydation au travers du substrat 1 et selon la seconde approche par implantation ionique d'ions oxygène au travers de la couche de silicium monocristallin 2, suivi d'une étape de traitement thermique pendant laquelle le silicium monocristallin 2 est oxydé par les ions oxygène implantés. La première approche peut s'effectuer selon trois variantes : oxydation thermique, anodique ou plasma de l'interface silicium-substrat.

La présente invention s'applique à la fabrication de tous dispositifs semiconducteurs du type silicium sur substrat isolant.



FR 2 542 500 - A1

D

**PROCEDE DE FABRICATION D'UN DISPOSITIF SEMI-CONDUCTEUR  
DU TYPE COMPRENANT AU MOINS UNE COUCHE DE SILICIUM  
DEPOSEE SUR UN SUBSTRAT ISOLANT.**

La présente invention concerne des dispositifs semi-conducteurs fabriqués selon la technologie de réalisation de composant ou de circuit intégré à partir de couches minces monocristalines de silicium déposées sur un substrat isolant. De nombreuses études ont été faites, notamment depuis quinze ans environ, pour arriver à la maîtrise de cette technologie. Les avantages qui en sont escomptés sont, dans la théorie, multiples. On peut citer, par exemple, les avantages suivant :

- Les composants ou parties de circuits réalisés dans la couche mince sont aisément isolés électriquement les uns des autres, par découpe chimique, au lieu de l'être par des couches diélectriques (en général de la silice) ou des jonctions p/n, comme c'est le cas pour les technologies traditionnelles à base de silicium massif. Le fait de supprimer l'isolement par jonction augmente considérablement la résistance aux radiations ionisantes, en diminuant le nombre de paires électron-trou actives créées, qualité essentielle pour l'électronique placé dans un environnement sévère.

- La capacité parasite de connexion entre composants actifs due au substrat diélectrique massif est très faible, favorisant ainsi la conception de circuit en logique rapide ou des circuits hyperfréquences. De plus, les capacités de jonction sont aussi supprimées.

- La technologie sur substrat isolant est plus simple que celle utilisant le silicium monocristallin massif. C'est ainsi qu'un circuit intégré selon cette technologie peut être réalisé en mettant en oeuvre un processus n'exigeant que six à huit niveaux de masquage ; un circuit équivalent en technologie traditionnelle nécessite seize à vingt niveaux de masquage. De plus le gain en surface est estimé à environ 30%.

- enfin, dans les structures du type CMOS sur silicium massif, le problème connu sous le nom anglo-saxon de "latch-up effect", c'est à dire l'apparition d'un transistor bipolaire parasite, peut aussi être éliminé par l'emploi d'un substrat isolant.

Dans l'art connu, deux types de substrats isolants ont été testés : les

substrats amorphes et les substrats monocristallins. Dans le premier cas, la cristallisation monocristalline du silicium déposé est favorisée, soit par un ou des germes, soit par la définition d'un réseau de lignes parallèles en surface du substrat, imposant une orientation cristallographique préféren-  
5 tielle (technique dite de "graphoépitaxie").

Si l'orientation cristallographique n'est pas obtenue au moment du dépôt, elle peut l'être par traitement ultérieur : recuit, avec ou sans refusion de la couche de silicium déposé par exemple.

Dans l'état du développement de la technologie, cette approche a  
10 permis l'obtention de zones monocristallines de quelques millimètres carrés de surface. Il a même pu être obtenu des zones cristallisées de quelques centimètres carrés ne comportant seulement que des sous-joints de grains qui ne semblent pas avoir une influence déterminante sur les propriétés électriques du matériau ou des structures réalisées. C'est le cas notamment  
15 des structures "MOSFET".

Dans le second cas, des substrats isolants monocristallins servent de germes cohérents à la croissance de la couche. Celle-ci est donc mono-  
cristalline dans son ensemble.

Les conditions que doivent satisfaire les substrats sont de nature  
20 physique : en particulier, maille cristalline et coefficient de dilatation voisin de ceux de la couche, et chimique : stabilité thermique et absence de réactivité avec la couche et l'environnement, c'est à dire concrètement, avec l'atmosphère régnant dans l'enceinte du réacteur permettant la fabri-  
cation.

25 En vue de la croissance de couche mince de silicium, plusieurs substrats ont été testés tels que quartz, spinelle, corindon ou saphir. Seul ce dernier a donné lieu à un développement industriel. La technologie est connue sous le nom anglo-saxon de "SOS" ("silicon on sapphire"), c'est à dire "silicium sur saphir". En effet, bien que d'un point de vue qualité électrique  
30 de l'interface substrat-couche, le quartz est théoriquement préférable, d'un point de vue cristallographique, le silicium déposé sur quartz est de très mauvaise qualité. A l'expérience, le corindon est apparu meilleur que le spinelle ( $Al_2 O_3 MgO$ ). Toutefois, les caractéristiques électriques des structures de type "SOS" sont médiocres : dopage incontrôlé et instable

thermiquement, mobilité faible et vitesse de recombinaison interfaciale élevée. Ces effets limitent les performances des circuits "SOS", en particulier pour les circuits bipolaires et pour les applications hyperfréquences. Ces circuits ne restent intéressants que lorsqu'ils sont utilisés en  
5 temps que circuits dits "durcis", c'est à dire insensibles aux rayonnements ionisants.

Les qualités médiocres des circuits de types "SOS" peuvent s'expliquer par la nature de l'interface alumine-silicium. Cet interface n'est pas parfaite d'un point de vue électrique. Une grande densité d'état d'interface  
10 existe et modifie la conductivité de la zone interfaciale. Une faible densité de charge d'interface, typiquement inférieure à  $10^{11}$  par  $\text{Cm}^2$ , est souhaitable. En outre, l'alumine a tendance à être réduite par le silane en présence d'hydrogène, et par la suite, la couche de silicium contient des quantités non  
15 quelement actives, se plaçant en position substitutionnelle du réseau de silicium. Des considérations de coût rentrent également en ligne de compte, car le prix d'un substrat en saphir est relativement élevé par rapport au substrat conventionnel, même si ce surcoût est en partie compensé par la plus grande simplicité de fabrication du circuit, comme il a été rappelé  
20 précédemment.

De l'expérience acquise par les études précitées, l'enseignement suivant peut en être tiré : les avantages théoriques de cette technologie ne seraient exploitables industriellement que si :

- les propriétés électriques de la couche de silicium correspondent à  
25 celles du matériau massif, borné par deux surfaces idéales proches ;
- les étapes de la technologie traditionnelle sur silicium massif permettant d'obtenir des circuits à très haute densité d'intégration sont applicables dans le cadre de la technologie de dépôt sur substrat isolant, sans altération des propriétés du silicium massif.

30 Du point de vue pratique, cela se traduit par les exigences suivantes :

- le substrat doit être inerte chimiquement vis à vis des atmosphères de traitement et vis à vis du silicium, ce jusqu'à des températures au moins égales  $1050^\circ\text{C}$ .

- le coefficient de dilatation du substrat, au moins dans une zone

proche de l'interface, doit être adapté à celui du silicium.

- il doit être créé une couche de silice entre les couches de silicium déposé et le substrat isolant, cet interface silicium-silice, étant dans l'état des connaissances actuelles, reconnu comme un des seuls assurant une bonne  
5 qualité électrique.

Cette dernière exigence ne peut être remplie par un procédé qui consisterait simplement à créer, successivement, une couche de silice continue sur le substrat isolant puis une ou des couches de silicium. Dans ces conditions, les couches et les interfaces créés seraient de qualité médiocre,  
10 d'un point de vue caractéristiques cristallographiques et électriques.

Il apparaît que l'approche classique mise en oeuvre dans l'art connu ne permet pas de satisfaire simultanément ces trois points.

L'invention se fixe pour but de répondre à ce besoin et propose un procédé de fabrication permettant de satisfaire ces conditions et fournissant  
15 des couches de silicium de bonne qualité électrique, couche restant compatible avec le restant de la technologie sur silicium massif et permettant l'obtention de circuit à très haute densité d'intégration.

L'invention à donc pour objet un procédé de fabrication d'un dispositif semiconducteur comprenant une étape de dépôt d'au moins une couche de  
20 silicium monocristallin sur un substrat plan en matériau isolant, caractérisé en ce qu'il comprend une étape ultérieure de formation d'une couche enterrée de silice d'épaisseur déterminée au sein de la couche de silicium monocristallin, l'une des faces de la couche de silice étant en contact direct avec l'une des faces du substrat et en ce que le substrat est en matériau  
25 monocristallin sélectionné parmi ceux présentant une topologie de réseau cristallin du même type que celle du silicium et chimiquement inerte vis à vis du silicium et de matériaux utilisés pour le dépôt de ladite couche de silicium.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à  
30 la lecture de la description ci-après en se référant aux dessins annexés parmi lesquels :

- les figures 1 à 3 illustrent les étapes principales du procédé de dépôt d'une couche de silicium sur un substrat isolant selon l'invention.

- les figures 4 à 5 illustrent trois variantes du procédé selon une

première approche de l'invention.

- les figures 6 et 7 illustrent une seconde approche du procédé.

Le procédé selon l'invention se caractérise par deux dispositions principales :

5 a/ Le choix d'un substrat monocristallin assurant la croissance d'une couche silicium pur ou dopé, parfaite d'un point de vue cristallographique, pure d'un point de vue chimique, c'est à dire ne contenant que du silicium et des dopants volontairement introduits pendant la croissance et présentant un interface abrupt avec substrat isolant.

10 b/ La réalisation à postériori d'une couche mince de silice à l'interface substrat-silicium ; cette disposition étant la caractéristique principale du procédé selon l'invention. Cette couche assure la qualité électrique de l'interface et permet l'adaptation des coefficients de dilatation entre le substrat et le silicium. De plus, elle élimine éventuellement une zone défectueuse de l'interface primitif silicium-substrat. Elle permet l'utilisation de  
15 technologies traditionnelles mises en oeuvre pour le dépôt sur silicium massif, même celles nécessitant des traitements à hautes températures.

La création d'une couche de silice à postériori peut s'effectuer selon deux approches.

20 Selon la première approche le substrat est choisi conducteur ionique de l'oxygène à température modérée; c'est à dire de façon pratique à une température inférieure ou égale à 1200°C, afin de permettre par oxydation du silicium au travers du substrat la création de la couche de silice.

25 Selon la seconde approche, la création de la couche de silice est réalisée par implantation ionique d'oxygène au travers de la couche de silicium déposée.

Les figures 1 à 3 illustrent les principales étapes du procédé selon l'invention, ce dans les deux approches.

30 Sur la figure 1, est représenté le substrat nu 1, préparé et nettoyé par toutes techniques appropriées communes à l'art connu.

Sur la figure 2, une couche de silicium pur ou dopé 2 est déposée également selon les techniques classiques de l'art connu sur le substrat.

Selon la caractéristique principale de l'invention, une couche de silice 12 est créée au sein de la couche de silicium, comme illustré à la figure 3,

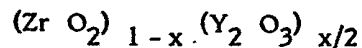
formant une couche intermédiaire entre la partie supérieure de la couche de silicium déposée qui reste inchangée et le substrat isolant 1.

Les deux approches du procédé selon l'invention vont maintenant être décrites de façon plus détaillée.

5 La première approche est elle-même susceptible d'être réalisée selon deux variantes principales : la création d'une couche de silice peut s'effectuer par oxydation thermique ou plasma de l'interface substrat-silicium déposé.

10 Selon toutes ces variantes, on choisit pour constituer le substrat un matériau satisfaisant aux conditions précédemment énoncées et conducteur ionique de l'oxygène à température modérée, c'est à dire inférieure ou égale à 1200°C, afin de permettre la création d'une couche de silice par oxydation du silicium au travers du substrat.

15 Un exemple de matériau convenant parfaitement à cet usage est la zircone dopée, par exemple à l'oxyde d'yttrium de formule :



Le dopage peut être réalisé également à l'aide d'oxyde de calcium (Ca O).

Les caractéristiques de ce matériau sont les suivantes :

20 - La maille cristalline est cubique, comme celle du silicium et proche de celui-ci. En outre, le paramètre cristallin est ajustable par dopage. La maille du silicium a des dimensions égales à 5,43 angströms ; celle de la zirconium selon le dopage, varie entre 5,14 angströms et 5,21 angströms.

25 - La zircone est chimiquement inerte vis à vis des atmosphères usuellement utilisés lors des dépôts et vis à vis du silicium, ce jusqu'à des températures très élevées.

30 - Le coefficient de dilatation linéaire de la zircone est proche de celui du silicium et également ajustable par dopage. Pour fixer les idées le coefficient de dilatation linéaire  $\Delta l/l$  du silicium =  $3 \cdot 10^{-6}$  par °C et celui de la zircone typiquement égal à  $8 \cdot 10^{-6}$  par °C.

- Enfin, la zircone est conductrice ionique de l'oxygène à température modérée.

Il peut être utile de noter que le dopage ne permet pas l'optimisation simultanée des deux paramètres "coefficient de dilatation" et "maille cristal-

line ajustée". Selon la technologie d'oxydation adoptée, c'est à dire la variante choisie, on privilégiera l'un ou l'autre de ces paramètres comme il sera indiqué dans ce qui suit.

5 Le procédé selon l'invention comprend, commune aux deux variantes, une étape de dépôt sur un substrat préalablement préparée d'au moins une couche de silicium intrinsèque ou dopé. Cette étape peut être réalisée selon plusieurs variantes par des techniques classiques de l'art connu. Une première technique est le dépôt par la méthode "CVD" (qui peut se traduire de l'anglo-saxon par "dépôt chimique sous phase vapeur"). Pour ce faire, le substrat est placé dans un réacteur dans lequel règne une température élevée de l'ordre de 700°C à 1200°C. A la suite de la phase de dépôt, on obtient directement une couche de silicium monocristallin. Une deuxième technique utilisable est l'évaporation ou la pulvérisation cathodique. On obtient alors une couche de silicium polycristallin et il est nécessaire de faire suivre cette étape par une étape de réorganisation cristallographique en phase solide ou liquide (traitement thermique, irradiation de lumière cohérente ou incohérente, faisceau d'électrons...) permettant d'obtenir le silicium monocristallin. Enfin, une troisième technique utilisable de dépôt dit "M.B.E" ("molecular beam epitaxy"). Comme dans le cas du dépôt "CVD", on obtient directement une couche de silicium monocristallin.

A la suite de cette opération de dépôt, on obtient donc une couche de silicium monocristallin 2 sur un substrat 1, de façon préférentielle un substrat en zircone dopée. A titre d'exemples non limitatifs, le substrat a typiquement une épaisseur comprise entre 300  $\mu$  m et 1 mm et la couche de silicium une épaisseur inférieure ou égale à 1  $\mu$  m et supérieure à quelques dizaines de nm.

Suite à cette opération de dépôt, on va créer à l'interface silicium 1-substrat 2 une mince couche de silice 12 par oxydation du silicium au niveau de cet interface.

30 Selon la première variante, on procède par oxydation thermique. Pour ce faire, on place l'ensemble des deux couches 1 et 2 dans un four illustré schématiquement par la référence 3 sur la figure 4. Dans ce four on introduit de l'oxygène ou tout simplement de l'air ou toute atmosphère non réactive contenant de l'oxygène, à pression normale soit 1 atm (101 325 Pa).

La cinétique d'oxydation étant limitée par le transport de l'oxygène au travers de la silice en formation, la température doit être suffisamment élevée pour que la durée du traitement ne soit pas excessive, typiquement la température est choisie dans une gamme 900 à 1200°C. A l'interface entre le gaz oxygène ou l'air et le substrat, les molécules d'oxygène se dissocient et diffusent au travers du substrat en zirconium dopé 1 jusqu'à l'interface zirconium silicium 2 pour y oxyder le silicium et former une mince couche de silice 12. Celle-ci ne perturbe en rien la couche de silicium monocristallin déjà formée. Il s'y forme alors, selon la caractéristique principale de l'invention, un interface silicium-silice abrupt ayant les qualités précédemment énoncées.

Selon cette variante, la température de traitement étant élevée, il est nécessaire de privilégier le paramètre "dilatation" par rapport au paramètre "maille cristalline ajustée". En effet, des expériences sur d'autres matériaux tel que le corindon ont montré que l'identité du paramètre de maille entre le substrat et la couche n'était pas absolument indispensable à la croissance monocristalline.

Selon une seconde variante de la première approche, illustrée par la figure 5, la création de la couche de silice s'effectue par oxydation anodique plasma. Celle-ci s'effectue à température modérée, typiquement entre 300°C et 450°C. Selon cette variante, il convient de privilégier le paramètre de "maille cristalline ajustée" pour adapter au mieux les deux réseaux et assurer la perfection cristalline. Il est à remarquer que, de toute façon, après croissance de la couche de silice, l'adaptation des coefficients de dilatation entre les couches de silicium et le substrat est assurée par la couche de silice qui est de type amorphe, donc très facilement déformable. La structure silicium sur substrat isolant ainsi obtenue est compatible avec les technologies sur silicium massif, même avec celles nécessitant des traitements thermiques élevés, supérieur ou égal à 1200°C.

Sur la figure 5 est représenté un appareillage 4 permettant le traitement plasma pour obtenir l'oxydation et la création d'une couche de silice selon la seconde variante. Cet appareillage 4 comprend typiquement :

- une plaque 41 de molybdène ou de silice fondu, qui est utilisé comme support de l'empilement "1, 12, 2" à traiter ;

- un thermocouple 42 que l'on dispose sur le support 41 au voisinage immédiat des couches à traiter. Ce thermocouple est destiné à contrôler la température pendant le traitement.

5 - une enceinte 43 constituée, par exemple, par un tube 431 en silice fondue, fermé aux extrémités par des embouts 432 et 433 et traversé par un tube 44 de plus faible diamètre que le tube 431. Ce tube est destiné à faire circuler un courant gazeux dans l'enceinte. Le gaz est soit un gaz pur c'est à dire de l'oxygène soit un mélange gazeux d'oxygène et de gaz rare, par exemple de l'argon. A l'autre extrémité du tube 431, est disposée une  
10 canalisation 48 de raccordement à une pompe à vide représenté symboliquement par une flèche marquée P, cette pompe est capable de maintenir la pression du mélange gazeux ou du gaz dans une gamme de pression typique de  $10^{-1}$  à  $10^{-2}$  Pascals.

15 - un enroulement 45 de fils conducteurs alimentés par un courant électrique haute fréquence, capable de créer un plasma dans la région de l'enceinte 43 dans laquelle est placé l'empilement de couches "1, 12, 2"

20 - et un système de chauffage par radiation comprenant une source 46 et un réflecteur 47 capable de réfléchir de façon sensiblement uniforme les radiations produites par la source 46 sur une surface de l'ordre de celle de la couche à traiter.

Dans les deux variantes, telles qu'elles viennent d'être décrites, l'étape finale d'oxydation localisée de la couche de silicium au niveau de l'interface primitif silicium-substrat est entièrement distincte de l'étape de formation de la couche de silicium monocristallin, c'est à dire que l'empilement  
25 substrat couche de silicium est ramené tout d'abord à température ambiante et placée dans l'appareillage approprié pour subir le traitement thermique ou le traitement plasma. Dans une alternative supplémentaire, il est possible de réaliser cette étape d'oxydation localisée de la couche de silicium pendant la période nécessaire au refroidissement après l'étape de dépôt. Ceci à pour  
30 avantage supplémentaire d'éliminer en grande partie la formation de défauts étendus pendant cette phase de refroidissement qui sont dus essentiellement à une adaptation imparfaite des paramètres de dilatation du substrat et du silicium. Ces défauts peuvent se comporter ultérieurement comme des courts-circuits de diffusion de l'oxygène. Il en résulte alors une couche

d'oxyde mal définie en épaisseur, pouvant donner naissance à des densités d'états d'interfaces élevées et rédhitoires. Comme il a été rappelé, on s'efforce d'obtenir des densités de charges d'interface inférieures ou égales à  $10^{11}$  par  $\text{cm}^2$ . Par cette méthode, on obtient le plus rapidement possible  
5 une couche interfaciale apte à subir des contraintes dû au traitement thermique y compris les contraintes du premier refroidissement.

La seconde approche de réalisation de l'invention comporte une étape initiale de choix du matériau du substrat satisfaisant également les conditions précédemment énoncées. Le procédé comporte également une étape  
10 d'oxydation de la couche de silicium au niveau de l'interface primitif substrat-silicium. En outre, l'étape de dépôt de la couche de silicium sur le substrat en vue d'obtenir une couche de silicium monocristallin est également commun aux deux approches. Elle peut également être obtenue par toutes les techniques rappelées. Cependant, de façon spécifique à cette  
15 approche, il est tout d'abord procédé à une étape intermédiaire d'implantation ionique de l'oxygène dans ces régions.

La figure 7 illustre schématiquement l'étape d'implantation ionique de l'oxygène dans une région 12' au niveau de l'interface primitif substrat 1-couche de silicium monocristallin 2.

20 Pour ce faire, l'empilement des deux couches 1 et 2 est disposé dans une implanteur ionique produisant un faisceau  $\text{fi}$  d'ions oxygène. La plaquette comportant les deux couches 1 et 2 est disposée dans l'espace de manière à exposer la couche de silicium 2 à ce bombardement ionique, de façon préférentielle de manière à ce que la surface externe de la couche de  
25 silicium 20 soit approximativement orthogonale à la direction moyenne de propagation des ions. En outre, ce faisceau est associé à une énergie telle que le parcours moyen des ions oxygène, projeté sur l'axe  $\Delta_1$ , soit égal ou légèrement inférieur à l'épaisseur de la couche de silicium. En effet, comme illustré sur la figure 8, lorsqu'un ion oxygène  $\text{O}^+$  pénètre dans le réseau  
30 cristallin de la couche de silicium 2, celui-ci subit par interaction avec les mailles du réseau, des déflexions successives se traduisant par une déviation latérale moyenne  $R_T$  pour une épaisseur  $e$  de la couche de silicium 2. Projetée sur l'axe  $\Delta_1$ , la valeur  $R_P$  du parcours total  $R$  doit être donc égale ou inférieure à la valeur  $e$  de la couche de silicium 2. Il faut éviter au

maximum d'implanter des ions oxygène à l'intérieur du substrat 1, ce qui perturberait l'ordonnement des couches. Le faisceau doit être également dosé de manière à implanter suffisamment d'ions d'oxygène pour obtenir ultérieurement une couche 12 d'épaisseur voulue de silice. Pour ce faire, 5 pour une énergie donnée correspondant à un parcours moyen projeté  $R_p$ , il est nécessaire d'ajuster le temps d'exposition.

Pour obtenir la couche de silice 12, comme illustré par la figure 3, l'ensemble des couches exposées au bombardement ionique est ensuite soumis à un traitement thermique analogue à celui réalisé par la première 10 variante selon la première approche du procédé selon l'invention à l'exception du fait que l'atmosphère du four ne doit pas être réactive. On place alors les couches ainsi traitées dans un four porté à une température de l'ordre de 800 à 1200°C, pendant environ une dizaine de minutes. Il s'ensuit une réaction chimique entre l'oxygène implanté et le silicium :



A la suite de cette étape ultime, la couche de silice 12 est réalisée, couche de silice d'épaisseur dépendant du nombre d'ions d'oxygène implantés.

A titre d'illustration plus complète du procédé de l'invention, des données typiques concernant les deux approches sont résumées dans un 20 tableau placé en fin de la présente description.

A.- PREMIERE APPROCHEA.1 Oxydation thermique du silicium

Atmosphère	T °C	temps	épaisseur d'oxyde Si O <sub>2</sub>
Oxygène humide	1200°C	20 mn	5000 Å
Oxygène sec	1200°C	4 h	5000 Å

A.2 Oxydation plasma du silicium

Plasma	T°C	temps	tension d'oxydation	épaisseur d'oxyde Si O <sub>2</sub>
Oxygène	120°C	3 mn	170 v	1000 Å

B.- DEUXIEME APPROCHE(IMPLANTATION D'OXYGENE DANS LE SILICIUM)

Ion	dose	Energie associée au faisceau	épaisseur de silicium	épaisseur d'oxyde Si O <sub>2</sub>
O <sup>+</sup>	10 <sup>17</sup>	200 kv	4000 Å	environ 1000 Å

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un dispositif semiconducteur comprenant une étape de dépôt d'au moins une couche de silicium monocristallin (2) sur un substrat plan (1) en matériau isolant, caractérisé en ce qu'il comprend une étape ultérieure de formation d'une couche enterrée de silice (12) d'épaisseur déterminée au sein de la couche de silicium monocristallin (2), l'une des faces de la couche de silice étant en contact direct avec l'une des faces du substrat et en ce que le substrat est en matériau monocristallin sélectionné parmi ceux présentant une topologie de réseau cristallin du même type que celle du silicium et chimiquement inerte vis à vis du silicium et de matériaux utilisés pour le dépôt de ladite couche de silicium.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau composant le substrat (1) est choisi parmi ceux présentant une conduction ionique exclusive de l'ion oxygène et en ce que l'étape de formation de la silice (12) est réalisée par oxydation du silicium au travers du matériau formant le substrat (1) dans la région en contact avec la surface du substrat sur ladite épaisseur déterminée.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'oxydation est réalisée par traitement thermique en exposant l'empilement comprenant au moins une couche de silicium (2) sur un substrat isolant (1) à une atmosphère contenant de l'oxygène pour obtenir une migration d'ions oxygène au travers de l'épaisseur du substrat (1).

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé lorsque la température du traitement thermique est dans la gamme de 900 à 1200°C.

5. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'oxydation du silicium est réalisée en exposant l'empilement constitué par au moins une couche de silicium monocristallin (2) sur un substrat isolant (1) à un plasma contenant de l'oxygène sous forme ionique de manière à obtenir la migration d'ions oxygène au travers de l'épaisseur du substrat (1).

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la température du plasma est 450°C.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, caractérisé en ce que l'étape de dépôt comprenant un traitement thermique à tempéra-

ture plus élevée que la température ambiante, l'étape ultérieure d'oxydation thermique s'effectue à la suite de ce traitement pendant le temps nécessaire au retour à la température ambiante.

5 8. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'oxydation du silicium est réalisée en plongeant l'empilement comprenant au moins une couche de silicium monocristallin (2) déposée sur un substrat isolant (1) dans un électrolyte (52) et en réalisant l'électrolyse de celui-ci.

9. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape ultérieure de formation d'une couche enterrée de silice (12) dans ladite  
10 couche de silicium monocristallin (2) est réalisée par implantation ionique en soumettant la couche de silicium monocristallin à un faisceau (Fi) d'ions oxygène suivi d'un traitement thermique sous atmosphère non réactive de manière à réaliser une réaction d'oxydation des atomes de silicium par les ions oxygène implantés.

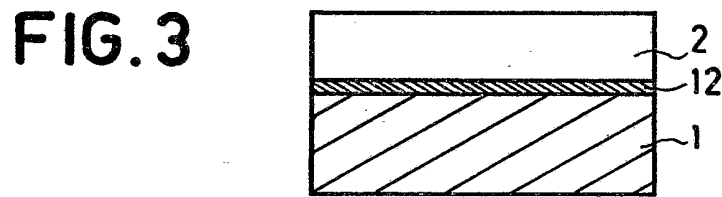
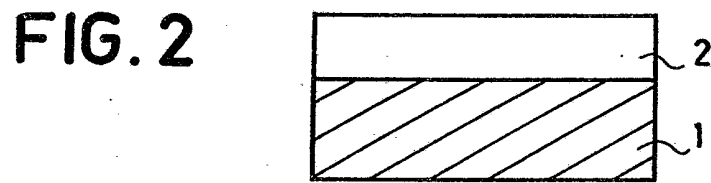
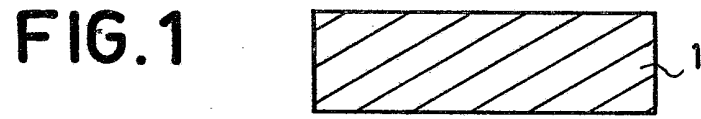
15 10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'énergie associée au faisceau est ajustée de manière à ce que le parcours moyen des ions du faisceau (Fi) à l'intérieur de la couche de silicium projeté monocristallin (2) sur un axe orthogonal au plan (20) du substrat (1) est inférieur ou égal à l'épaisseur de la couche de silicium monocristallin (2) et le faisceau  
20 (Fi) dosé de manière à planter un nombre d'ions nécessaire pour que, après le traitement thermique, se forme une couche de silice (12) de ladite épaisseur déterminée, et en ce que la température du traitement thermique est choisie dans la gamme 800 à 1200°C.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caracté-  
25 risé en ce que le matériau du substrat (1) est de la zircone dopée.

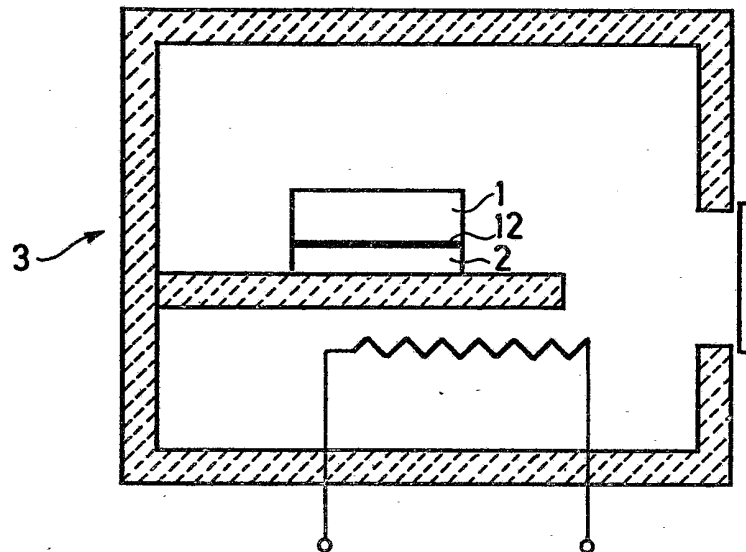
12. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que la zircone est dopée avec un oxyde choisi parmi l'oxyde d'yttrium ou l'oxyde de calcium.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 ou 12, caractérisé en ce que le dopage est déterminé de façon à ajuster les  
30 dimensions élémentaires du réseau cristallin et le coefficient de dilatation associé à la zircone de manière à les adapter à ceux associés au silicium.

1/3



**FIG. 4**



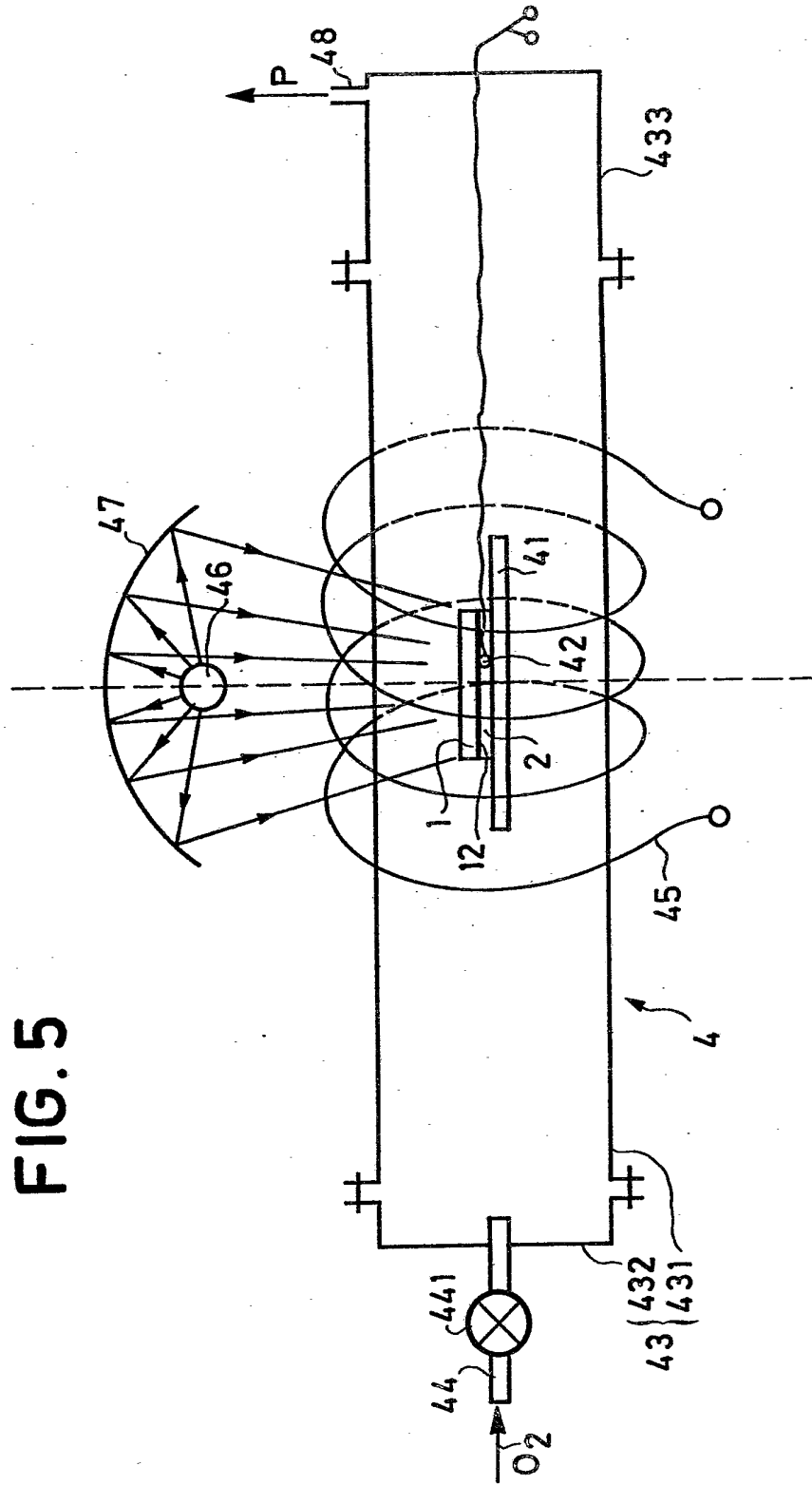


FIG. 5

3/3

FIG. 6

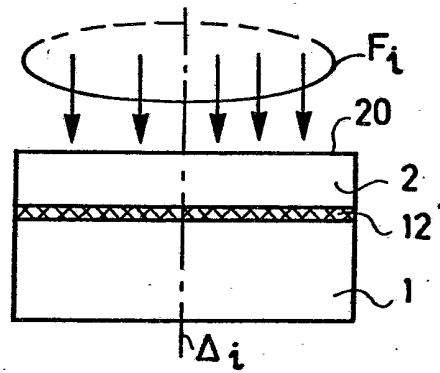


FIG. 7

